

EKOLOJİ MƏLUMATLARIN ANALİZİ ÜÇÜN STATİSTİK METODLARDAN İSTİFADƏ TƏCRÜBƏSİ

N.K.İSMAYILOV
Azərbaycan Dövlət Aqrar Universiteti

Ekoloji parametrlərin məkanca paylanması ilə əlaqədar olan bir sıra məsələlər mövcuddur. İşdə ekoloji məlumatların analizi üçün statistik metodların tətbiqi nümunəsi keyfiyyətində iki oxşar məsələyə baxılır. Birinci məsələdə aerofotoçəkiliş məlumatları üzrə bitkinin azotla təminatının kəmiyyətcə qiymətləndirilməsinə baxılır. Beçərmə dövründə, məhsuladalarlıq və yüksək keyifliyətli məhsul üçün gübrələrdən sərfəli istifadənin səmərəliliyinin təminatında bitkilərin qida maddələrinə tələbatının dəqiq proqnozu zəruridir. Bu məsələnin həlli metodu bitkilərin rəqəmsal təsvirləri üzrə optik xarakteristikalarının analizinə əsaslanmışdır. Bitkilərin azotla təminatının kəmiyyətcə qiymətləndirilməsi üçün kalibrəlmə əyrilərinin avtomatik qurulmasına cavab verən, baxılan metodun təkmilləşdirilməsi üçün model işlənmişdir. İkinci məsələdə tarlanın ayrılmış zonalarındaki ekoloji göstəricilərin səviyyəsinin qiymətləndirilməsinə baxılır. Burada başlangıç məlumatlar, kontakt üsulu ilə ölçülmüş və həmçinin baxılan obyektin aerofotoçəkilişlərindən əldə edilən ekoloji yaxud aqrakimyəvi parametrlər hesab edilir. Məqalədə məsələnin həllinə kreqinq və binar regressiyası metodlarından birgə istifadə etməklə yanaşma təklif edilir. Birinci mərhələdə varioqram analizi aparılır, bundan sonra isə ordinar kreqinq metodunun köməyi ilə ekoloji parametrlərin qiymətləri dəstə qurulur. Bundan sonra baxılan zona üçün parametrin astana qiymətləri verilir və əgər parametrin qiyməti astana qiymətini aşarsa 1 qiymətini və əks halda isə 0 bərabər olan saxta dəyişən daxil edilir. Beləliklə, burada amilləri kreqinq metodu ilə proqnozlaşdırılan qiymətləri dəstinə daxil olan mənətiqi regressiya üçün əsas alınmış olur. Bundan başqa, məqalədə baxılan metodların reallaşdırılması nümunələri təqdim edilmişdir.

Açar sözlər: aerofotoçəkiliş, işığın xarakteristikası, kalibrəlmə əyrisinin qurulması, ekoloji məlumatlar, ordinar kriqinq, bunar regressiyası.

İndiki zamanda ekoloji məlumatların statistik analizinin müxtəlif aspektləri və həmçinin aşağıdakı ekoloji məsələlərin həllində rəqəmsal təsvirlərin analizi metodları vacib əhəmiyyətə malikdir: fəvqəladə vəziyyətlərin aşkar edilməsi; bitkilərin vəziyyətinin monitorinqi; məhsuldarlığın proqnozu; mineral gübrələrin və bitki mühafizə vəsiyətənin differential verilməsi; meliorativ sistemlərin vəziyyətinin monitorinqi; əkinlərin strukturu və b[1, 2, 3, 4, 5].

Kifayət qədər tez – tez ekoloji məlumatların məkanca paylanması proqnozu ilə əlaqədar məsələlər ortaya çıxır. Misal olaraq, bitkilərin mineral gübrələrlə (NPK), xüsusən də azotla (N) təminatının qiymətləndirilməsindən ibarət olan iki oxşar məsələyə baxaq.

Bitkilərin vegetasiya dövründə (beçərilməsində) qida elementlərinə tələbinin proqnozlaşdırılmasında, məhsuldarlıqla və məhsulun keyfiyyətinin yüksək olmasına sərfəli olan gübrələrdən istifadənin iqtisadi tərəfi daha əhəmiyyətlidir, belə ki, azot gübrələrinin əldə edilməsi, nəqli və səpini indiki zamanda bitkiçilik məhsulları istehsalının maya dəyərinin 30...50% təşkil edir. Azot kənd təsərrüfatı bitkilərinin beçərilməsində və xüsusilə suvarma əkinçiliyində gübrə keyfiyyətində daha çox tətbiq edilir[6].

Kalibrəlmə əyrisinin qurulması. Birinci məsələdə hər bir tarla sahəsində aerofotoçəkiliş məlumatları üzrə bitkilərdə azotun miqdarının kəmiyyətcə qiymətləndirilməsi yetərli hesab edilir. İkinci məsələdə başlangıç məlumatlar, kontakt üsulu ilə ölçüləri və həmçinin tədqiq edilən tarlanın aerofoto çəkilişləri əsasında $Z(x_i)$ ekoloji parametrləri dəstə hesab edilir. Hər bir tarla zonası üzrə bitkilərin azotla (NPK) təminatı səviyyəsinin qiymətləndirilməsi zəruridir.

Mətləndirilməsinin zəruri olduğu qeyd olunur. Bu məsələnin həlli aerofoto çəkilişləri üzrə bitkilərin rəng xarakteristikasının analizinə əsaslanır. Optik metodların köməyi ilə bitkilərin gübrələrlə təminatının kəmiyyətcə qiymətləndirilməsi üçün informasiyanın avtomatik emalına, bitkilərin yemləmə dozalarına və onların verilməsinin zəruriliyi haqqında qərarın qəbulunun yüngülləşməsinə imkan verən xüsusi program təminatının işlənməsi gərəkdir.

Ekoloji məlumatların analizi üçün kriqinqin və binar regressiyanın tətbiqi. Birinci məsələdə olduğu kimi heç də həmişə bitkilərin qida elementlərinə tələbinin dəqiq qiymətləndirilməsi tələb edilmir, belə ki, bir sıra məsələlərdə ayrılmış müəyyən tarla zonasında azotun miqdarının səviyyəsinin qiymətləndirilməsi yetərli hesab edilir. İkinci məsələdə başlangıç məlumatlar, kontakt üsulu ilə ölçüləri və həmçinin tədqiq edilən tarlanın aerofoto çəkilişləri əsasında $Z(x_i)$ ekoloji parametrləri dəstə hesab edilir. Hər bir tarla zonası üzrə bitkilərin azotla (NPK) təminatı səviyyəsinin qiymətləndirilməsi zəruridir.

Material və metodlar. Tədqiqat obyekti Samux rayonu İstitut qəsəbəsi ərazisində yerləşən (Az.ETPİ-nin təcrübə təsərrüfatları) kənd təsərrüfatı tarlaları və Goranboy DAİM-in fermer təsərrüfatlarının dənli və texniki bitkiləri altındakı nümunəvi tarlaları hesab edilir (Gəncə Qazax iqtisadi bölgəsi, Samux rayonu, İstitut qəsəbəsi üzrə təsərrüfat

mərkəzinin kordinatı $46^{\circ} 50'$ ş.e., $39^{\circ}48'$ ş.u. və Goranboy rayonu Xanqərvənd kəndi üzrə $46^{\circ}55'$ ş.e., $39^{\circ}36'$ ş.u. yerləşir).

Hal hazırda tarlaların aerofoto çəkilişi iki ədəd rəqəmsal kamerası bərkidilmiş (görünən və infraqırmızı diapazonlarda) Geoskan – 401 (kvadrokopter) helikopter tipli avtomatlaşdırılmış pilotsuz uçan aparatın (PUA) köməyi ilə həyata keçirilir. Kvadrokopter tarlaların təsvirinin əsaslı şəkildə yaxşı əldə edilməsinə imkan verir.

Məsələ 1. Bitkilərin azotla (NPK) təminatının qiymətləndirilməsi məsələnin həlli, aerofotoçəkilişlər üzrə bitkilərin rəng xarakteristikasının analizinə əsaslanmışdır. Fotosintez prosesində bitkilər günəş ışığının təsiri altında üzvi maddələr əmələ gətirir. Bu prosesin bilavasitə iştirakçısı xlorofil olub, yarpaq səthlərinin və bitki kollarının yaşıllı rəngini müəyyən edir. Baxmayaraq ki, fotosintez prosesində bitkilərdə bir çox mineral qida elementləri iştirak edir ancaq, bir sıra tədqiqatlarda ən böyük korrelyasiya əlaqəsinin onların azotla təminatı və xlorofillin miqdəri arasında olduğu müşahidə edilmişdir. Beləliklə, qidalanmada azot defisiti bitki yarpaqlarının və bitki örtüyünün rənginin dəyişməsi ilə müşahidə edilir [7].

Rəng parametrlərinin izahı üçün CIELAB fəza rəng modeli tətbiq edilir. Lab sistemində L rəng parametri müsbətdir və işıq lotunu göstərir; a>0 qırmızı təşkiliyəsi parametri, a<0 – yaşılı, b>0 – sarını və b<0 issə göy rəng təşkiliyəsi parametri göstərir.

Alınmış aerofotoçəkiliş materialları kənd təsərrüfatı əkinlərinin (tarlalarının) raster görüntülərinə və həmçinin şəkil çəkmə və dayaq nöqtələrinin kordinatlarına malik olur. Beləliklə, alınmış təsvirlər (görüntülər) qlobal mövqeləşdirmə sisteminə bağlı olur. Aerofotoçəkiliş nəticələri üzrə "Agisoft Photoscan" programının köməyi ilə ortofotoplan qurulur. Kənd təsərrüfatı tarlalarının görüntülərində test meydançaları – müəyyən doza ilə gübrə səpilmiş (hər hektara 0,30,50,70,90,110 kq təsiredici element hesabı ilə), kiçik tarla hissəsi yer almış olur.

Nəticədə bitkilərin rəng xarakteristikasının hər bir test meydançasındaki orta qiyməti etalon qəbul edilir ki, onun əsasında tarlanın digər qalan hissələrində də azotun miqdarını qiymətləndirmək olar (öyrənmə modeli). Bitkilərdə azotun miqdarının kəmiyyətə qiymətləndirilməsindən sonra aerofotoçəkilişdə (görüntüdə) yemləmə gübrəsi tələb edən əkin zonaları (səpinlər) seçilərək ayrılmış və xüsusi programla azot gübrəlerinin (NPK) differensial verilməsi üçün zəruri olan texnoloji xəritələrdə toplanır.

Bitkilərin qida elementləri ilə (azot (N) yaxud NPK ilə) təminatının qiymətləndirilməsini iki yolla: rəng xarakteristikasını birbaşa etalonla müqayisə etməklə yaxud etalonların xarakteristikası əsasında kalibrəmə əyrisini qurmaqla aparmaq olar. Daha mükəmməl nəticələrin alınması üçün test meydançalarında bitkilərin rəng xarakteristikasının

azotun (NPK) dozasında asılılığını təsvir edən kalibrəmə əyrisinin qurulması məqsədə uyğundur. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, hər bir görüntü üçün özünün kalibrəmə əyrisinin avtomatlaşdırılmış qurulmasına imkan verən riyazi modulun yaradılması da məqsədə uyğundur.

Məsələ 2. Ekoloji məlumatların məkanca (fəzada) paylanması proqnozu məsələsinin həllinin əsasını iki statistik analiz metodu: ordinar kriqinq və məntiqi regressiya təşkil edir.

Ordinar kriqinq müşahidələr dəstti əsasında ekoloji parametrin paylanması proqnozlaşdırmağa imkan verir /3/:

$$\hat{Z}(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i), \quad \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \quad (1)$$

Burada $Z(x_i)$ - x_i - yerləşmə yerindəki müşahidə qiymətləridir; λ_i - onlar üçün naməlum (məchul) çəkidir; $\hat{Z}(x_0) - x_0$ yerləşmə yerindəki proqnozlaşdırılan qiymətləridir; n – müşahidələrin miqdarıdır. λ_i çəkisi müəyyənləşdirilmiş nöqtə üçün müəyyən edilmiş varioqram modelindən, proqnoz yerinədək olan məsafədən və proqnoz yeri yaxınlığında qıymətləri arasındaki fəza nisbətində asılı olur.

Kriqinq metodu ilə proqnozun həyata keçirilməsi üçün varioqram analizinin (məlumatların korrelasiya strukturunun analizə və modelləşdirilməsi) aparılması zəruridir. Müşahidələr arasındaki fəza nisbətləri poluvarioqramla xarakterizə edilir (sadəcə varioqram adlandırırıq):

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} \text{Var}[Z(x) - Z(x+h)] \frac{1}{2} E[Z(x) - Z(x+h)]^2$$

Məlumatların kəmiyyəti nə qədər yaxın olarsa (onlar arasındaki fərq kiçik olarsa), varioqramın kəmiyyəti bir o qədər böyük olar.

$\gamma(h)$ - varioqramı eksperimental varioqram əsasında qiymətləndirilir:

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i+h)]^2$$

Burada N(h) – h vektoru ilə ayrılan eksperimental nöqtələr cütünün sayıdır. Bundan sonra eksperimental varioqram əsasında onun nəzəri modeli qurulur. Varioqram analizi (1) ordinar kriqinq qiymətləndirməsinin (qiymətinin) çəkisini tapmağa imkan verir. Məsələnin həllinin növbəti mərhələsində məntiqi regressiyaya keçid həyata keçirilir. Bunun üçün baxılan tarla zonası üçün d astana (poroq) qiymətlər müəyyən edilir və saxta dəyişənlər daxil edilir:

$$y(x) = \begin{cases} Z(x) \geq d, 1 \\ Z(x) < d, 0 \end{cases}$$

Müşahidə nöqtələrində ekoloji parametr məlumdur və deməli bu nöqtələrdəki $y(x_i)$ kəmiyyətləri də məlumdur. Bundan başqa, həmin nöqtələrdə ekoloji parametrin kəmiyyətini kriqinq metodunun köməyi ilə də proqnozlaşdırmaq olar. Beləliklə, astana (poroq) qiymətlərinin aşılma ehtimalı və dəyişənlərin izahı arasındaki asılılığı əks etdirən məntiqi regressiya üçün əsas alınmış olur /6/:

$$P(y(x_i) = 1 | \emptyset_i) = P_i = \frac{1}{1 + \exp(-\emptyset_i^T \beta)} \quad (2)$$

Burada $\emptyset_i - y(x_i)$ saxta dəyişənləri izah edən amillərdir.

Məntiqi regressiyanın amillərindən biri kimi kriq metodunda söylənən qiymətlər dəstinin daxil edilməsi təklif edilir /8/. Bundan başqa, əgər ekoloji parametrin kəmiyyəti rəng qiymətləri ilə korrelyasiya olunarsa onda amillərə görüntülər üzrə rəng parametrleri daxil ola bilər. β vektoru maksimum doğruya bənzər metodla qiymətləndirilə bilər. Qurulmuş məntiqi regressiya (2) tənliyinin əhəmiyyətliliyini doğruya bənzərliliklərin nisbəti meyarı üzrə və həmçinin Valda meyarının köməyi ilə aparmaq olar [6].

Nəticədə tarlanın hər bir nöqtəsi üçün $P(y(x_i) = 1)$ ehtimalını hesablamaq olar və əgər onun 1 yaxın olması halında güman etmək olar ki, bu nöqtədə ekoloji parametrin qiyməti d astana səviyyəsini aşır, əgər ehtimal sıfır yaxın olarsa, parametrin qiymətinin astana səviyyəsindən aşağı olduğunu güman etməyə əsas olur.

Nəticələrin müzakirəsi. Kalibrəmə əyrisinin qurulması. Hər bir tarla hissəsində bitkilərin azota (NPK) tələbatının daha dəqiq təyini üçün kalibrəmə əyrisini avtomatiki olaraq qurmağa imkan verən riyazi modulun yaradılması məqsədə uyğundur. Baxılan modulun giriş məlumatları test meydançalarının miqdarı, hər bir test meydançasına gübrə dozalarının (N yaxud NPK) qiyməti hesab edilir. Bununla belə, test meydançalarında yarpaqların rənginin gübrə dozalarından (NPK) asılılığını əks etdirən kalibrəmə əyrisinin qurulması üçün rəng parametrlerinin vahid kəmiyyət şəklində təqdim edilməsi zəruridir. Bununla əlaqədar olaraq, rəng parametrleri vektorunun qabarıq xətti kombinasiyadan istifadə etməklə bir qiymətə çevirmək təklif edilir. Bu qiymət şərti olaraq ümumiləşdirilmiş rəng xarakteristikası C_{lab} adlandırılmaqla, aşağıdakı formulla hesablanır [4]:

$$C_{lab} = \alpha L^* + \beta_1 a^* + \beta_2 a^* \quad (3)$$

Burada $\alpha \geq 0, \beta_1 \geq 0$ və $\beta_2 \geq 0$ – tarlanın hər bir aerofoto görüntüsü üçün emprik olaraq götürülən əmsallardır, belə ki:

$$\alpha + \beta_1 + \beta_2 = 1$$

α, β_1 və β_2 əmsallarının seçiləsində, test meydançalarındakı gübrə dozaları (NPK) və ümumiləşdirilmiş rəng xarakteristikası arasındaki xətti əlaqənin maksimum ifadə edilməsinin təminatı zəruridir. Belə məsələnin klassik həlli metodu xətti regressiya modelləşdirilməsidir /2/. Modelin qurulmasında güman edilir ki, xətti model ən yaxşı şəkildə, gübrənin (azotun) N miqdarı və ümumiləşdirilmiş rəng xarakteristikası C_{lab} arasındaki asılılığı xarakterizə edir:

$$N = \beta_0^* + \beta_1^* C_{lab} + \varepsilon$$

Burada β_0^* və β_1^* - modelin parametrləridir, ε – uçota (nəzərə) alınmayan amillərin təsirini xarakterizə edən təsadüfi kəmiyyətlərdir (həyəcanlanmalardır). Bu zaman regressiya tənliyi aşağıdakı şəkli alır:

$$N^* = b_0 + b_1 C_{lab} \quad (4)$$

b_0 və b_1 əmsalları ən kiçik kvadratlar metodu ilə hesablanır:

$$b_1 = \frac{n \sum_{i=1}^n N_i C_{lab}^i - \sum_{i=1}^n N_i \sum_{i=1}^n C_{lab}^i}{n \sum_{i=1}^n (C_{lab}^i)^2 - \sum_{i=1}^n (C_{lab}^i)^2} \quad (5)$$

$$b_0 = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n N_i - b_1 \sum_{i=1}^n C_{lab}^i \right) \quad (6)$$

Bundan sonra modelin adekvatlığı yoxlanır. Uyğun olaraq, cavabların variasiyasının tam kvadratları cəmi və həmçinin onun iki təşkiledicisi: izah regressiyasının kvadratları cəmi hesablanır. Xətti əlaqənin ifadəsi ölçüsünün qiymətləndirilməsi üçün determinasiya əmsalı istifadə edilir. Nisbi meyletməldən hər bir müşahidə üzrə modelin keyfiyyəti haqqında ümumi təsəvvür əldə etmək üçün approksimasiyanın orta xətası təyin edilir. Regressiya tənliyinin əhəmiyyətliliyinin qiymətləndirilməsi bütövlükdə Fişer F – meyari əsasında aparılır və F - statistika qurulur.

Əmsalların optimal dəsti əldə edildikdən sonra tarlanın hər bir elementar sahəsində azotun (NPK) miqdarnı təyin etməyə imkan verən kalibrəmə əyriyi qurulur.

Baxılan modulun qiymətləndirilməsi üçün kalibrəmə əyrisinin qurulması alqoritmi işlənmiş və onun adekvatlığının yoxlanması aparılmışdır. Sxematik olaraq, əsas funksiyanın qurulması alqoritmini aşağıdakı kimi təsəvvür etmək olar:

Giriş məlumatları:

Data: n – test meydançalarının miqdarı;

$N = (N_1, \dots, N_n)$ – meydançalardakı azotun (NPK)

miqdarnı – qiymətləridir;

$L^* = (L_1^*, \dots, L_n^*)$; $a^* = (a_1^*, \dots, a_n^*)$, $b^* = (b_1^*, \dots, b_n^*)$ – onların uyğun rəng parametrleridir.

Çıxış məlumatları

Result: Emprik götürülmüş α, β_1, β_2 əmsalları; kalibrəmə əyrisinin tənliyi; R^2 determinasiya əmsali; \bar{e} – appraksimasiyanın orta xətası; F – statistika.

```
max ← 0
for  $\alpha \in [0; 1]$  do
```

```
{
```

```
for  $\beta_1 \in [\alpha; 1]$  do
```

```
{
```

```
 $\beta_2 \leftarrow 1 - \alpha - \beta_1$ ;
```

$C_{lab} = (C_{lab}^1, \dots, C_{lab}^n)$ qiymətinin (3) formulu üzrə hesablanması;

```
if  $C_{lab}$  qiyməti monotondursa then
```

```
{
```

Xətti regressiya modelinin qurulması:

(5), (6) formulları üzrə xətti regressiya tənliyinin əmsallarının hesablanması;

Varioqram analizi nəticələri əsasında *ordinar kriqinq* tətbiq edilir. Modelləşdirilmiş müşahidələr dəstindən növbə ilə qiymətlərdən biri ləğv edilir və bundan sonra o *krige* funksiyasının köməyi ilə kriqinq metodu ilə qiymətləndirilir. Beləliklə, müşahidə nöqtələrində *ordinar kriqinq* metodu ilə öncədən söylənən ekoloji parametrlərin qiymətlərinin iki dəstini alırıq.

Aşkar edilmiş məlumatların köməyi ilə hər bir nümunə (misal) üçün glm funksiyasının köməyi ilə üç *loqit – model* qurulur. Modellərin əhəmiyyətliyinin qiymətləndirilməsi həqiqətəbənzərliyin nisbəti meyarı üzrə aparılır. Modelin qurulması üçün başlangıç məlumatlar aşağıdakılardır: əgər N – testerin göstərişi 350-ə bərabər yaxud böyük olarsa, asılı dəyişən $T=1$, eks halda 0 qiymətini alır; izah verici dəyişənlər keyfiyyətində, müşahidə kordinatlarının X və Y dəyişənlərinə, həmçinin $N_{\text{o.g.}}$ – müşahidə nöqtələrində parametrin kriqinq metodu ilə öncədən söylənən kəmiyyətinə baxılır. Aşağıdakı cədvəldə (cədvəl1) baxılan modelləşdirilmiş nümunələrin qurulmuş *loqit – modelinin* təqdim edilən nəticələrindən bütün modelin statistik əhəmiyyətli olduğu görünür.

Cədvəl 1

Baxılan nümunələrin loqit – modelinin qurulmasının nəticələri

Hesabat nəticələri	Nümunə 1	Nümunə 2
Loqit – model 1: asılı dəyişən T , izah verici dəyişənlər X və Y		
xi – kvadrat əmsalı	37.36926	7.943813
Əhəmiyyətlilik səviyyəsi	3.840071 _{d-09}	0.009418745
Loqit – model 2: asılı dəyişən T , izah verici dəyişənlər X , Y və $N_{\text{o.g.}}$		
xi – kvadrat əmsalı	51.0379	117.7156
Əhəmiyyətlilik səviyyəsi	2.355682 _{d-11}	1.18768 _{d-25}
Loqit – model 3: asılı dəyişən T , izah verici dəyişən $N_{\text{o.g.}}$		
xi – kvadrat əmsalı	30.26213	82.66378
Əhəmiyyətlilik səviyyəsi	1.945903 _{d-08}	4.92086 _{d-250}
Qeyd. Bütün loqit – modellərdə modelləşdirilmiş əmsalların əhəmiyyətlilik səviyyəsi ≤ 0.05 -dir.		

Yekun mərhələdə loqit – model məlumatları müqayisə edilir. Belə ki, hər bir nümunəyə daxil edilən hər üç modeldə ilkin müqayisə *anova* funksiyasının köməyi ilə həyata keçirilir. Nəticədə alırıq ki, 2-ci *loqit – model* ixtisar edilmişə nəzərən daha yaxşı işləyir. Bundan başqa, hər bir nümunə

üçün əlavə test bazası yaradılır: növbə ilə müşahidə dəstindən bir nöqtə ləğv edilməklə analiz aparılır və həmin nöqtədə hər üç modeldə ehtimalın qiyməti $P(T=1)$ öncədən söylənilir. Birinci nümunədə ikinci model ixtisar olunmuş modelə görə 50 nöqtədən 37-si üzrə, ikinci nümunədə isə 144 nöqtədən 107-də özünü daha yaxşı göstərir. Cədvəl 2-də birinci nümunə üçün 10 nöqtədəki test bazasındaki seçim təqdim edilmişdir.

Cədvəl 2

Birinci nümunə üçün loqit – modelin test bazasından seçim

S.S.	X	Y	Z	T	$N_{\text{o.g.}}$	Model 1	Model 2	Model 3
1	100	50	352	1	351,1794	0,99025	0,99993	0,96233
2	250	50	348	0	350,2188	0,60916	0,34788	0,82778
3	200	100	347	0	350,2588	0,71082	0,07791	0,84101
4	150	150	354	1	349,9958	0,73760	0,99664	0,67032
5	150	200	353	1	349,6525	0,51356	0,92354	0,49262
6	50	300	353	1	349,5278	0,77216	0,99804	0,42703
7	150	300	348	0	348,954	0,15470	0,04604	0,20274
8	50	400	345	0	349,0604	0,43531	0,00086	0,24526
9	100	450	347	0	348,1283	0,04580	0,00743	0,04201
10	150	500	348	0	347,3104	0,00361	0,00146	0,00755

Nəticələr. İki oxşar məsələnin timsalında ekoloji məlumatların analizi üçün statistik metodların tətbiqinin mümkünüyü nümayiş etdirilir. Baxılan məsələ ekoloji məlumatların məkanca paylanmasının proqnozlaşdırılmasından ibarətdir. Bundan başqa, təklif edilən yanaşmaların praktiki olaraq reallaşdırılması nümunələri təqdim edilir. Aparılmış tədqiqat əsasında aşağıdakı nəticələri formalasdırmaq olar:

- ekoloji məlumatların analizi ilə əlaqədar, statistik metodların tətbiqi məsələsi kifayət qədər aktual olmaqla perspektiv istiqamətdir

- ekoloji məlumatların paylanması proqnozu üzrə təsvir ediləb metodlar - əlverişli, iqtisadi cəhətdən sərfəli (bahalı deyil) və yetərinə dəqiqdır;

- rəngin ümumiləşdirilmiş xarakteristikasının gübrə dozasından (NPK) asılılığını əks etdirən kalibrəlmə əyrilərinin qurulması metodu, gübrələrin (N yaxud NPK) daha məqsədə uyğun verilməsini daha dəqiq qiymətləndirməyə imkan verir;

- kriqinq və binar regressiyanın birgə tətbiq edilməsi bir sırə aktual ekoloji problemlərin həll edilməsinə: bitkilərin vəziyyətinin monitorinqinə, məhsuldarlığın proqnozuna, gübrələrin (azot və digərlərinin) differensial səpininə və s. imkan verir. Alınmış nəticələrin praktiki reallaşdırılması əsasında güman etmək olar ki, loqit – modeldən tam istifadə məqsədə uyğundur, ancaq bu yanaşma bir sırə əlavə nümunələrə də baxılmasını tələb edir.

ƏDƏBİYYAT

1. Буре В.М. Методология статистического анализа опытных данных. СПб.: С – Петерб. гос.ун-т, 2007. 141с.
2. Буре В.М., Париллина Е.М. Теория вероятностей и математическая статистика. Учебное пособие. СПб.: «Лань», 2013. 416с.
3. Демьянов В.В., Савельева Е.А. Геостатистика: теория и практика. М.: Ин.-т. проблем безопасности развития атомной энергетики РАН; Наука, 2010. 327 с.
4. Митрофанова О.А., Буре В.М., Канаш Е.В. Математический модуль для автоматизации колориметрического метода оценки обеспеченности растений азотом // Вестн. С. - Петерб. ун-та. Сер.10. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. 2016. Вып. 1.с.85-91.
5. Якушев В.П., Буре В.М. Подходы к обнаружению статистических зависимостей. СПб.: С.-Петербург. гос. ун-т, 2003. 64с.
6. Якушев В.П., Канаш Е.В., Конев А.А.,

Ковтюх С.Н., Лекомцев П.В., Матвеенко Д.А., Петрушин А.Ф., Якушев В.В., Буре В.М., Осинов Ю.А., Русаков Д.В. Теоретические и методические основы выделения однородных технологических зон для дифференцированного применения средств химизации по оптическим характеристикам посева: практическое пособие. СПб.: Агрофиз. ин-т, 2010.60с. 7. Якушев В.П., Буре В.М., Парилина Е.М. Бинарная регрессия и ее применение в агрофизике. СПб.: Агрофиз. Инт-т., 2015. 36с. 8. Fernandes G.B., Artes R. Spatial dependence in credit risk and its improvement in credit scoring //European I. of Operational Research. 2016. №249

Опыт использования статистических методов для анализа экологических данных

Н.К.Исмайлова

Существует ряд задач, связанных с прогнозом пространственного распределения экологических параметров. В работе в качестве примеров применения статистических методов для анализа экологических данных рассматриваются две схожие задачи. Первая задача заключается в количественной оценке обеспеченности растений азотом по данным аэрофотосъемки. Точный прогноз потребности растений в питательных веществах в период выращивания необходим для эффективного использования удобрений, выгодной урожайности и высокого качества продукции. Метод решения этой задачи основан на анализе оптических характеристик растений по цифровым изображениям. Для усовершенствования данного метода разработан модуль, отвечающий за автоматическое настроение калибровочных кривых для количественной оценки обеспеченности растений азотом. Вторая задача заключается в оценке уровня экологического показателя в выделенной зоне поля. Предполагается, что исходными данными является набор экологических или агрохимических параметров, измеренных контактным способом, а также аэрофотоснимок рассматриваемого объекта. В статье предложен подход к решению задачи с совместным использованием методов кrigинга и бинарной регрессии. На первом этапе проводится вариограммный анализ, после чего строится набор оценок экологического параметра с помощью метода ординарного кrigинга. Далее задается пороговая значение параметра для рассматриваемой зоны, выводится фиктивная переменная, которая принимает значение 1, если значение параметра превысило пороговое, и 0 в ином случае. Таким образом, получается основа для логистической регрессии, где в факторы входит набор оценок, спрогнозированных методом кrigинга. Кроме того, в статье представлены примеры реализации рассмотренных методов.

Ключевые слова: аэрофотосъемка; обобщенная характеристика цвета; построение калибровочных кривых; экологические данные; ординарный кrigинг; бинарная регрессия.

An experience of using statistical methods for the analysis of ecological data

N.K.Ismailov

There is a number of problems associated with the prediction of the spatial distribution of ecological parameters. In this paper, two similar problems are considered as examples of the application of statistical methods for the analysis of ecological data. The first problem is to quantify the nitrogen status of plants relying on aerial photos. Accurate prediction of plant nutritional needs during the growing season is necessary for efficient use of fertilizers, optimal yields and high quality products. A method of solving this problem is based on the analysis of the optical characteristics of plants in digital images. To improve this method, a module responsible for automatic construction of calibration curves for the quantitative assessment of plant nitrogen status was developed. The second problem is to assess the level of ecological indicators in selected field areas. It is assumed that the initial data are a set of ecological or agro – chemical data measured in situ, as well as an aerial photographic image of the object. This paper proposes approaching this problem by using a combination of the kriging and binary regression methods. The first step is variogram analysis, and then a set of ecological parameter estimates is built by the ordinary kriging method. Next, we set a threshold level for the given zone, introduce a dummy variable that takes the value 1 if the parameter value exceeds the threshold, and 0 otherwise. Thus, we get a basis for a logistic regression where factors include a set of estimates predicted by kriging. The article also presents application examples for these methods.

Key words: aerial photography; generalized color characteristic; construction of calibration curves; ecological data; ordinary kriging; binary regression.